EUPAVE
AVRUPA BETON KAPLAMA BİRLİĞİ

Beton Yol Kaplamaları Ulaşımda CO_2 Azaltılmasına Katkı Sağlar

BETON YOL KAPLAMALARI, AĞIR VASITALAR İÇİN %6' YA KADAR YAKIT TASARRUFU SAĞLAYARAK, GÜNÜMÜZDE BÜYÜK FARK YARATABİLİR.

Önsöz 3

Genel 4

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi ve Yakıt Tüketiminin Rolü 5

Yakıt Tüketimine Etki Eden Faktörler 5

Kanada - Ulusal Araştırma Konseyi (NRC) 6

İngiltere - Ulaşım Araştırma Laboratuvarı (TRL) 6

İsveç - Lund Üniversitesi – Düşen Ağırlıklı Deflektometre (FWD) Deneyleri 6

İsveç - İsveç Ulusal Yol ve Ulaşım Araştırması Enstitüsü (VTI) 7

Japonya- Nippon Otoyol Araştırma Enstitüsü 8

Teksas Üniversitesi, Teksas, Arlington, Şehir içi Araç Kullanımı 8

Massachusetts Teknoloji Enstitüsü - Beton Sürdürülebilirlik Merkezi 8

Çok Sayıda Küçük Şeyin Birleşmesi Büyük Fark Yaratır! 9
- Yol Durumuna Göre Yakıt Tasarrufu 9
- Nakliye Şirketi Başına Yakıt Tasarrufu 10
- Vaka Çalışması- Antwerp Çevre Yolu 11
- Vaka Çalışması- Avrupa'da Karayolu Yük Taşımacılığı 12

Genel Sonuçlar 13

Referanslar 15

Önsöz

Fotoğraf : Oficemen

Sürdürülebilir yapım, trafik yoğunluğunun giderilmesi ve yakıt tüketimi konuları birliğimiz EUPAVE' in hedefleri arasında yer alan konulardır. Öte yandan, Avrupa'da ulaşım altyapısında daha sürdürülebilir bir ağ geliştirebilmek ve karbon salınımlarını azaltarak iklim değişikliğini önleyebilmek AB'nin hedefleri arasında yer almaktadır. Bu doküman, belirtilen iki hedefin ortak yönlerini ve beton yol kaplamalarının, hedeflere ulaşılması noktasında ne şekilde katkı sağlayacağını göstermektedir.

Beton yol kaplamalarında bakıma neredeyse hiç ihtiyaç duyulmaması sayesinde trafiğin daha az rahatsız edildiği ve bu sayede trafik sıkışıklığına meydan verilmediği gerçeği, beton yapıların uzun ömürlü ve dayanıklı oldukları gerçeği gibi iyi bilinmektedir. Sürekli aksi söylense de, beton yolların karbonun azaltılması yönünde katkı sağlayacağını kim bilebilir? Beton, yol kaplamasının ömrü boyunca var olan ve kaplamaya direkt olarak etki eden bir takım olumlu yönlere sahiptir. Bunlar; sertleşmiş betonda CO_2 alımı, beton yüzeyinin ışığı yansıtarak gezegenimizin soğumasına katkıda bulunması ve son olarak; deformasyona uğramayan kaplama üzerinde seyir halinde bulunan ağır vasıtaların yakıt tüketiminin azaltılmasıdır. Bu yayın, betonun ağır vasıtaların yakıt tüketiminin azaltılmasına olumlu yönde katkı sağladığını birçok uluslararası çalışma ve araştırmaları temel alarak açıklamaktadır. EUPAVE olarak, beton kaplamaların yararını doğrulayan, tercihen Avrupa ölçeğinde olmak üzere, her türlü ek araştırmayı desteklemekteyiz.

Bizler, dokümanın içerdiği bilgilerin, yol altyapılarının sürdürülebilirliği için karar verme aşamasında oldukça yararlı olduğunu düşünüyor ve bunun bir gün yeşil kamu ihaleleri için değerlendirme kıstasları arasında yer alabilmesini ümit ediyoruz.

Aniceto Zaragoza
EUPAVE

Beton Yol Kaplamaları Ulaşımda CO_2 Azaltılmasına Katkı Sağlar

GENEL

Avrupa Komisyonu İklim Değişikliği ile Mücadele Genel Müdürlüğü web sitesinde aşağıdaki ibare yer almaktadır;

"Ana sera gazı olan Karbondioksitin (CO_2) AB'deki toplam salınımının 1/5'ini karayolu taşımacılığı oluşturmaktadır. Diğer sektörlerin sebep olduğu salınımlar genel olarak düşmekte iken, karayolu taşımacılığından gelen salınımlar, 1990 yılından bu yana artmaya devam etmiştir. Avrupa Komisyonu, AB'nin köklü hedefi olan; yeni arabalardan kaynaklanan ortalama CO_2 salınımının 2012 yılına kadar km başına 120 gram ile sınırlanması konusunda, İklim değişikliği ile mücadele için hevesle kapsamlı bir strateji tasarlamıştır."[4]

Avrupa Komisyonu tarafından alınan önlemlerin çoğu, yeşil arabalar, elektrikli araçlar gibi binek araçları ile ilgilidir.

Hâlbuki Avrupa'da karayolu ulaşımından yayılan karbondioksit gazının %40'ını karayolu taşımacılığı üretmektedir. Bu yüzden ağır vasıtalardan (kamyon, otobüs vb.) yayılan karbondioksit gazlarına da değinmek gerekir. Taşıt teknoloji alanındaki çalışmalar ve araştırmalar, hibrid ve elektrikli taşıtlar, küçük motorlar ve benzeri alanlarda devam etmektedir.

Uzun vadeli potansiyel çözümler konusunda oldukça çaba harcanırken, dünya çapında yapılan birçok çalışmanın sonuçları, yol kaplamalarının tasarım ve inşası sırasında CO_2 salınımının azaltılması konusunda çok açık ve günümüzde fark yaratabilecek bir potansiyel olduğunu kanıtlamaktadır. Konu ile ilgili yapılan tüm araştırma ve çalışmalar, beton yollar gibi sert ve rijit yol kaplamalarının, esnek olanlara oranla yakıt tüketimini önemli ölçüde azalttığını açıkça gözler önüne sermektedir. Yine yapılan çalışmalarda edinilen bulgulara göre, beton yol kaplamaları üzerinde giden ağır vasıtaların, %6'ya kadar yakıt tasarrufu yaptığı görülmüştür. Yapılan çalışmaların bildiri özetleri, bu broşürde verilmiştir.

Sonuçlar, tekerlek ile taşıma yüzeyi arasındaki yuvarlanma direncinin tekerlek ve taşıma yüzeyinin sertliğine ve rijitliğine göre düştüğünü göstermektedir.

En düşük teknik yuvarlanma direncinin, çelik raylar üzerinde hareket eden trenin çelik tekerleri ile raylar arasında olduğu bilinmektedir.

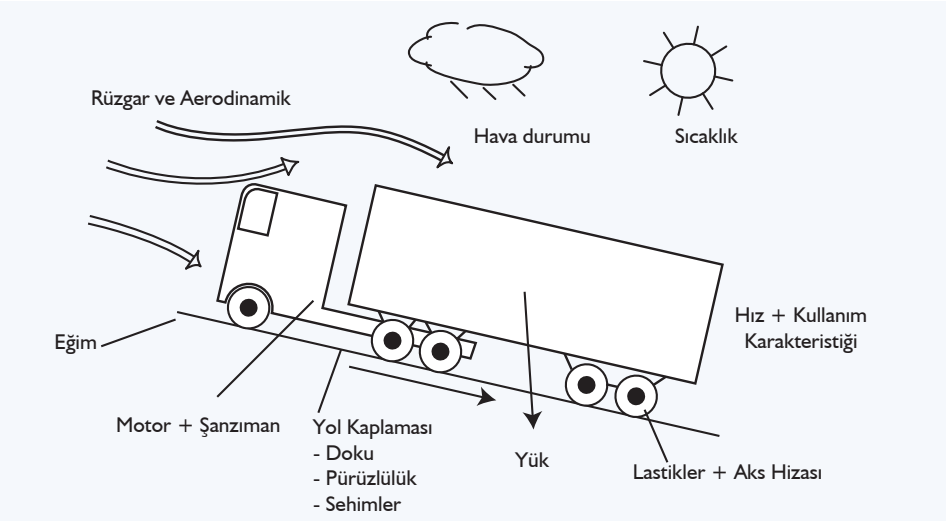
Söz konusu çalışma ve araştırmaların belirli bulguları, şimdi her ne kadar ortalama CO_2 ve yakıt tasarrufu hakkında oldukça tanımlı bir son değerlendirme veriyor gibi görünse de bütün bu bulguların toplamı tasarruf etkisini kanıtlamaktadır. Bu, Avrupa'daki hükümetleri ve yetkilileri nihai sonuca ulaşmaları için ek araştırmalar yapmaya sevk eden oldukça güdüleyici bir unsurdur.

YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ VE YAKIT TÜKETİMİNİN ROLÜ [8; 13]

Yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA), ürün, süreç ve servisin çevresel etkilerinin değerlendirilmesi ve incelenmesi anlamına gelmektedir. Yol için yaşam döngüsü, aşağıdaki bölümlere ayrılmıştır:

- Malzemelerin çıkartılması ve üretilmesi;
- İnşaatın başlangıç aşaması;
- Bakım ve iyileştirme aşaması;
- Kullanım aşaması;
- Son kullanım aşamasıdır.

Özellikle yol kaplaması projelerinde çoğu kez, inşaatın başlangıç aşaması ile birlikte çeşitli yapı malzemelerinin üretim döngülerinin ekolojik ayak izlerinin tahmin edilmesi üzerinde yoğunlaşılmıştır. Fakat birçok araştırma, sürdürülebilirlik değerlendirmesi yapılırken, kaplamanın kullanım aşamasında değerlendirilen trafikten kaynaklanan salınımların ve kaplama bakım faaliyetlerinin düşünülmesi gerektiğini göstermektedir. Araçların yıllık seyahat mesafeleri ve yolların tipik tasarım ömrünün 20 ila 50 yıl arasında olduğu düşünüldüğünde, trafik etkisi malzeme üretimi veya yapım aşamaları için yapılan etki tahminlerini gölgede bırakacaktır. Trafik yoğunluğuna bağlı olarak, trafiğin etkisi yol ömrünün diğer tüm aşamalarının on katı daha fazla olabilmektedir. Sonuç olarak yakıt tüketimini azaltabilecek önlemler büyük önem taşımaktadırlar. Sadece yakıt ve otomobil teknolojisi (motor, lastikler vb.) değil, kaplamanın çeşidi ve yüzeyin kalitesi de nihai sonucun üzerinde önemli etkiye sahiptir.



Şekil 1 : Yakıt Tüketimini Etkileyen Etkenler

YAKIT TÜKETİMİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Aracın yakıt tüketimine etki eden birçok faktör vardır. Bunların bazıları araçla, aracın motoruyla veya yol kaplamasının eğimi veya aerodinamiklerine bağlı olarak aracın direnciyle ilgilidir. Kaplamanın rol oynadığı etken, lastik-kaplama etkileşiminin büyük önem taşıdığı yuvarlanma direncidir.

Birçok araştırma, yol yüzeyinin kalitesinin, hem yuvarlanma direnci, hem de yakıt tüketimi üzerinde etkisi olduğunu göstermektedir. Yüzeyin kalitesi; dalgalanma, pürüzlü yamalar, tekerlek izleri, çukurlar ve bozulmuş bağlantılar olmaksızın düz olmasını ifade etmektedir. Bu parametre, Uluslararası Pürüzlülük Endeksi'nde (IRI) sıkça telaffuz edilmektedir. [1]

Son olarak, yakıt tüketiminde rol oynayan diğer bir faktör de kaplamanın tipi ve

özellikle rijitliğidir. Esnek kaplamanın deformasyonu (viskoelastik özelliklere sahip asfalt gibi) yuvarlanma direncini ve sonuç olarak ağır yük taşıtlarının yakıt tüketimini arttırır. Aynı durum, beton yol kaplamaları için geçerli değildir. Asfalt yol kaplamalarına nazaran beton yol kaplamalarında enerji verimliliği, birçok çalışma ve araştırmanın sonucunda gösterilmiştir.

Fotoğraf : [11]

KANADA- ULUSAL ARAŞTIRMA KONSEYİ (NRC) [11]

En bilinen çalışma, Kanada Ulusal Araştırma Konseyi (NCR) tarafından yapılmıştır. Esas olarak dört inceleme serisi şeklinde yürütülen çalışma, değişik mevsimlerde çeşitli yol ve taşıt tipleri üzerinde yapılan deneyler ile çeşitli istatistiksel modellerin kullanımıyla kademeli olarak genişletilmiştir. Ağır vasıtaların yakıt tüketiminin, esnek bitümlü kaplamalar ile karşılaştırıldığında, beton yol kapmaları üzerinde azaldığı, çalışmanın tüm safhalarında gözlenmiştir. Çalışmanın en eksiksiz aşaması olan ve çeşitli seviyelerdeki pürüzlülük yüzeyine sahip, her mevsimde gözlemlenmiş bir dizi yola bakılan son aşaması hiç kuşkusuz en büyük farkları ortaya çıkarmış ve yine şu sonuca varılmıştır; ***"Beton yollarda asfalt yollara göre boş ve dolu tırlarda %0,8'den %3,9'a kadar yakıt tasarrufu sağlanmaktadır. Bu değerler istatistiki açıdan oldukça önemli olan %95'lik güvenilirlik alanında bulunmuştur."*** Ortalama %2,35'lik yakıt tasarrufu göz ardı edilebilir bir değer değildir ve yoğun bir otoyolun kullanım ömrü boyunca gerçekleşen toplam yakıt tüketimi ve salınan toplam kirletici gaz miktarları muazzam bir farkı temsil edecektir.

İNGİLTERE- ULAŞIM ARAŞTIRMA LABORATUVARI (TRL) [3]

Karayolları Kurumu tarafından yetkilendirilen İngiltere Ulaşım Araştırma Laboratuvarı'nın yürüttüğü çalışmanın amacı, kaplama rijitliğinin yakıt tüketimi üzerindeki etkisini saptamaktır.

Bulunan bu fark istatistiki açıdan önemli değildir. Öte yandan araştırmada deneylerde kullanılan beton plaka, laboratuvar ortamında inşa edilmiş olsaydı, elde edilen sonuç daha büyük oranda olabilirdi.

> Beton yol kaplamasının azaltılmış sehiminin, yuvarlanma direncinde %5,7'lik bir düşüşe yol açtığı ve bunun karşılığı olarak %1,14 oranında yakıt tasarrufu sağlandığı bulunmuştur.

İSVEÇ- LUND ÜNİVERSİTESİ – DÜŞEN AĞIRLIKLI DEFLEKTOMETRE (FWD) DENEYLERİ [7]

İsveçli araştırmacılar, toprak ve yol kaplaması üzerindeki enerji kayıplarını değerlendirmek amacıyla düşen ağırlıklı deflektometreyi (FWD) kullanmıştır. FWD deneyinde, büyük oranda ağırlığı düşürerek (50 kN) bir dinamik yük uygulanır. Darbe noktasından sabit uzaklıklarda yol kaplaması üzerinde meydana gelen sehimler ölçülür. İsveç'te gerçekleştirilen deney alanı, Uppsala bölgesinin 40 km kuzeyinde yer alan 4 no' lu otoyol üzerinde bulunmaktaydı.

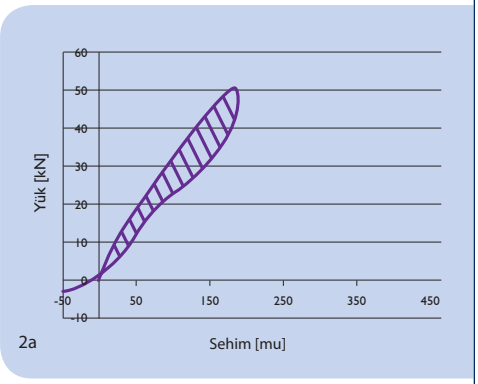
Fotoğraf: [7]

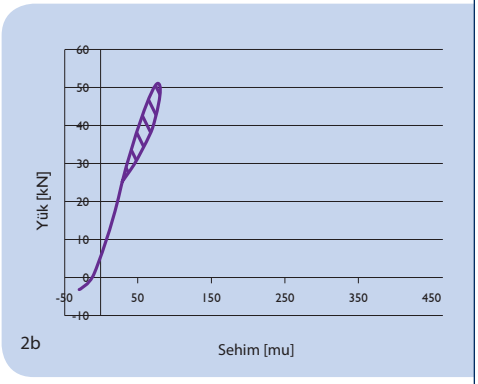
Şekil 2a, tipik asfalt otoyol üzerinde meydana gelen yük-sehim grafiğini göstermektedir. Şekil üzerinde histerezis halkası görülmektedir. Histerezis halka,

yapının viskoelastik davranışından dolayı, enerjinin bir kısmının yapı içinde kaybolduğunu göstermektedir. Enerji kaybı miktarı, halka içindeki alanın büyüklüğü ile ifade edilmektedir. Şekil 2b'de, beton yola ait benzer bir grafik görülmektedir ve bu şekil üzerinde belirtilen alan beton kaplamanın rijitliğinden dolayı daha küçüktür.

Asfalt yol kaplamaları üzerindeki enerji kaybı, beton yol kaplamalarının üzerindeki enerji kaybından 4 kat daha fazla olmaktadır.

Bu durum kamyon trafiğinde doğru yol kaplamasının seçimi sayesinde yakıt tasarrufu potansiyelinin yüksek miktarda olduğunu göstermektedir.





Şekil 2 : Düşen Ağırlıklı Deflektometre Deneylerinde (2a asfalt, 2b beton kaplamalar için) histerezis eğrilerini göstermektedir.

İSVEÇ - İSVEÇ ULUSAL YOL VE ULAŞIM ARAŞTIRMASI ENSTİTÜSÜ (VTI) [6]

İsveç Ulusal Yol ve Ulaşım Araştırması Enstitüsü (VTI), İsveç'in Uppsala bölgesinin kuzeyinde bulunan, asfalt ve beton kaplamadan oluşan otoyol üzerinde ölçümler yaparak, kaplama çeşidinin yakıt tüketimi üzerindeki etkisini bulmaya yönelik bir araştırma yapmıştır.

Volvo 940 Marka araç için; asfalt kaplama ile karşılaştırıldığında, aracın beton kaplama üzerinde, yapılan ölçümlere göre %1,1 oranında daha az yakıt tükettiği görülmüştür.

Araştırma sonuçlarının, istatistiksel açıdan önemli olduğu vurgulanmıştır. Ortaya çıkan fark, temel olarak yolun yüzey dokusundan kaynaklanmaktadır (16 mm büyüklüğünde agregalı mastik asfalta karşı fırça çekilmiş beton). Veto adı verilen hesaplama yöntemiyle elde edilen sonuçlar ile bağıntısı yüksektir.

80 km/sa. hızı, toplamda 60 ton ağırlığında, 4 aks Scania R500+ 3 akslı römorku olan ağır yük kamyonunda yapılan ölçümlere göre, aracın beton yol üzerinde harcadığı yakıt miktarının asfalt kaplama üzerinde harcadığı yakıt miktarından %6,7 daha düşük olduğu görülmüştür.

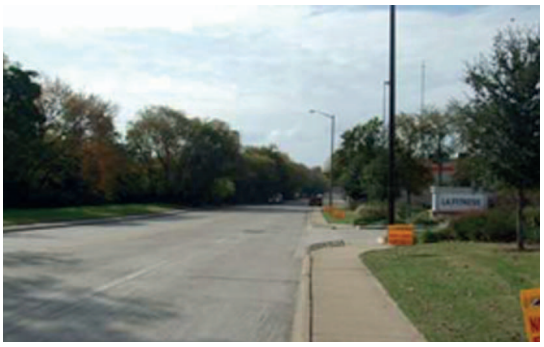
İki kaplama arasında oluşan bu fark, beton kaplamanın yüksek rijitli olmasına ve makro dokusundan kaynaklanan daha az yuvarlanma direncine sahip olmasına dayanmaktadır.

Fotoğraf: VTI, İsveç [6]

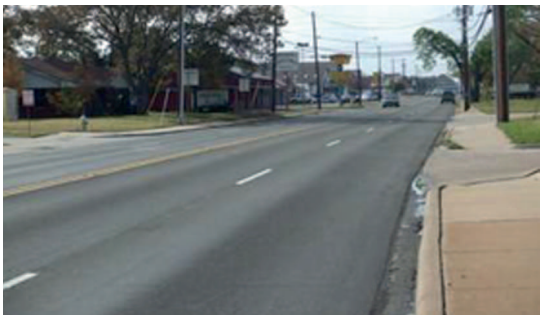
JAPONYA - NİPPON OTOYOL ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ [12]

Bu çalışmada, aerodinamik sürükleme ve yuvarlanma direncinin toplamı olan hareket direnci, Japon Endüstrisi Standartları olan (JIS) D1012 göre kendi kendine durma deneyleriyle ölçülmüştür. Bu deneylerde, bir ağır vasıta 55km/sa. hızına çıkarıldıktan sonra vites boşa alınarak, aracın serbestçe 5km/sa. hıza kadar yavaşlamasına izin verilir. Hız-zaman ilişkisinden, aracın hareket direnci hesaplanabilmektedir. Aynı deney farklı hızlarla tekrarlandığında ise aracın yuvarlanma direncine ulaşılabilmektedir. Asfalt ve beton üzerindeki deney alanlarının seçiminde bölümlerin uzunluk ve tiplerine özellikle dikkat edilmiştir. Yuvarlanma direncindeki değişiklikler, yakıt tüketiminde farklılıklara yol açmıştır. ***Şehir içinde nispeten düşük hızla giden bir aracın, beton yol ile karşılaştırıldığında, asfalt yol kaplama üzerinde %0,8 ila 3,4 arasında daha fazla yakıt tükettiği saptanmıştır.***

Şehirlerarası yolda 80km/sa. hızla giden araçta beton kaplama üzerinde gerçekleşen yakıt tasarrufu %1,4 ile 4,8 arasında değişiklik göstermiştir.



Fotoğraf: [2]



Fotoğraf : [2]

TEKSAS ÜNİVERSİTESİ, TEKSAS, ARLİNGTON- ŞEHİR İÇİ ARAÇ KULLANIMI [2]

Bu çalışmanın temel amacı, asfalt yola karşı beton yol kaplamalardaki şehir içi araç kullanımında yakıt tüketimi ve CO_2 salınımlarında ortaya çıkabilecek olası farklılıkları araştırmaktır. Çalışma için Teksas' ın Arlington bölgesinde 2 çift cadde (2 asfalt, 2 beton kaplamalı) seçilmiştir. Asfalt ve beton kaplamalı caddelerin her bir çifti, eğim ve pürüzlülük indeksleri bakımından benzer özelliklere sahipti. Ölçümler sırasında, rüzgârın yönü ve hızının etkisini en aza indirmek amacıyla caddeler birbirine paralel olarak seçilmiştir. Deneme uygulamalarında, iki farklı sürüş modu kullanılmıştır. Birincisi, sabit 50 km/saat hızla sürüş modu, ikincisi ise 10 saniye içinde 0'dan 50 km/saat hıza çıkan hızlanma modudur. Deney için 1360 kg civarında Chevy Astro markalı minibüs kullanılmıştır. Birim uzaklıklara göre yakıt tüketiminin, yüzey durumu (kuru, kaygan), sürüş modu ve deney kesitine bakılmaksızın, beton kaplamalı yollar üzerinde istikrarlı bir şekilde azaldığı gözlenmiştir. Bütün vakalarda, elde edilen sonuçların, istatistiksel açıdan %10 anlamlılık seviyesinde olduğu görülmüştür. ***Asfalt ile karşılaştırıldığında, sürekli donatılı beton yol kaplaması üzerinde %3 ila 8,5 arasında daha fazla yakıt tasarrufunun sağlandığı görülmüştür.*** İkinci vakada daha da yüksek farkların kaydedildiği belirtilmelidir. Fakat deney aracının sınırlı kütlesi düşünüldüğünde, oluşan farklar, büyük ihtimalle kaplamanın dokusu ve enine pürüzlülüğü gibi yüzey özelliklerinden kaynaklanmaktadır.

MASSACHUSETTS TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ- BETON SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK MERKEZİ [10]

Massachusetts Teknoloji Enstitüsü- Beton Sürdürülebilirlik Merkezi (CSHub@MIT) tarafından yapılan güncel bir çalışmada, yakıt tüketimi ile kaplamanın kalınlığı gibi yapısal tasarım parametrelerinin ve alt zemin ve üst tabakanın rijitliği, akışkanlığa direnci (viskozite) ve dayanımı gibi malzeme özelliklerinin arasındaki bağlantıyı araştırmak amacıyla, Nicel Mekanik Kaplama Araç Etkileşimi Modeli (PVI) uygulanmıştır. Bu yöntem, kalibre edilmiş ve onaylanmış bir modeldir. ***Bu modelde elde edilen en temel bulgu, tüm parametreler eşitken, asfalt kaplamaların, beton yol kaplamaları ile yakıt tüketiminde aynı özelliği gösterebilmesi için, %25 ila 60 arasında daha kalın olmaları gerekliliğidir.*** Yakıt tüketimi, yapısal tasarım ve malzeme parametreleri arasında ortaya çıkan bağlantıların, yüksek performanslı yakıt ve sera gazı salınım verimliliği için hazırlanan yol kaplaması envanterini en üst seviyeye taşıyacak ve kaplamayı yapan mühendislere ve karar mercilerine sağlanacak bir tasarım aracı olarak oldukça kullanışlı olduğu bulunmuştur.

Çok Sayıda Küçük Şeyin Birleşmesi Büyük Fark Yaratır!

Trafik yükünden dolayı oluşan potansiyel çevresel etki, yolun yapım ve bakımının sebep olduğu toplam etkiden 100 kat daha fazla olabilir. Bu yüzden, çevresel etkinin, en yüksek miktarda ve en etkili şekilde azaltılması bu safhada mümkündür. Yol kaplaması tipleri arasındaki ufak yakıt tasarrufu farkları dahi toplama yayıldığında önemli farklara dönüşmektedir.

Bazı sayısal örnekler ve vaka çalışmaları konuya daha fazla açıklık getirecektir. Asıl soru; kısmen düşük olan bu yakıt tasarrufu yüzdelerinin toplamda hangi miktarlara tekabül ettikleridir. Ne kadar yakıt, para ve salınım tasarrufu sağlanabilir?

Kapsamlı miktar belirlemek için, eldeki verilere dayanılarak aşağıdaki varsayımlarda bulunulmuştur:

- Yakıt fiyatı (dizel); Litresi 1,5 Euro;
- Yakıt salınımı dönüşüm faktörleri (1 litrelik dizel başına salınım değerleri)

• Nitrojen Oksitler (O_x)	25 ile 28 g/l
• Parçacıklar PM	0.2 ile 0.4 g/l
• Hidrokarbonlar HC	0.4 ile 1 g/l
• Karbon monoksit CO	1 ile 7 g/l
• Karbondioksit (CO_2)	2.7 kg/l
• Kükürt S	0.1 g/l

Ağır kamyonlar için yakıt tasarrufu oranları (rijit ya da esnek kaplamalarda, yüklü ya da yüksüz, 60 ila 100 km/sa. arasındaki hızlarda ve farklı mevsimlerde değerlendirildiğinde) %1 ile % 6 arasında değişmektedir. Yakıt tasarrufunun litre bakımından saptanmasında, Kanada Ulusal Araştırma Konseyi tarafından yürütülen ve en iyi belgelendirmeyle tamamlanan çalışma kullanılacaktır. Ortalama yakıt tasarrufu ***100 km'de 0,45 litre*** olarak ölçülmüştür. Elde edilen bu değer, bilinen bütün bulgular düşünüldüğünde daha makul bir yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır.

YOL DURUMUNA GÖRE YAKIT TASARRUFU

Günlük ağır yük vasıta trafiği 5000 ila 15000 arasında olan bir anayol bizi aşağıdaki sonuçlara ulaştırmaktadır:

YOL

			Yakıt Tasarrufu	Dizel Fiyatı	CO_2
Yol Uzunluğu/km	Günlük Ağır Vasıta Sayısı	Yönler	L/100 km	Euro/L	kg/L
100	5 000	2	0,45	1,5	2,7
100	10 000	2	0,45	1,5	2,7
100	15 000	2	0,45	1,5	2,7

GÜNLÜK TASARRUF		
Dizel (Litre)	Maliyet (Euro)	CO_2 (kg)
4 500	6 750	12 150
9 000	13 500	24 300
13 500	20 250	36 450

YILLIK TASARRUF		
Dizel (Litre)	Maliyet (Euro)	CO_2 (kg)
1 642 500	2 463 750	4 434 750
3 285 000	4 927 500	8 869 500
4 927 500	7 391 250	13 304 250

Yol Üzerinde 30 Yıl Boyunca Sağlanan Tasarruf		
Dizel (Litre)	Maliyet (Euro)	CO_2 (kg)
49 275 000	73 912 500	133 042 500
98 550 000	147 825 000	266 085 000
147 825 000	221 737 500	399 127 500

Bir başka deyişle, esnek yol kaplaması yerine kullanılacak olan beton yol kaplamalarının her bir kilometresi, yolun 30 yıllık kullanım süresi boyunca 1000 ila 4000 ton arasında yakıt tasarrufu sağlayarak, CO_2 salınımını azaltabilmektedir.

NAKLİYE ŞİRKETİ BAŞINA YAKIT TASARRUFU

Sonuçlara aynı zamanda ulusal veya uluslararası bir nakliye şirketinin bakış açısından da bakılabilir. Kamyonların en az %80 oranında esnek yol kaplamaları üzerinde gittiği düşünüldüğünde, bir sonraki tabloda 1 ila 1.000 arasında ağır yük kamyonu ile çalışan şirketlere ait yakıt tasarrufu potansiyelini gösteren veriler sunulmuştur.

NAKLİYE ŞİRKETİ

			Esnek	Yakıt Tasarrufu	Dizel Fiyatı	CO_2	YILLIK TASARRUFLAR		
Ağır Vasıta Sayısı	Ağır Vasıta km/yıl	Toplam km/yıl	Yol Kaplaması	L/100 km	Euro/Litre	Kg/Litre	Dizel (Litre)	Maliyetler (Euro)	CO_2 (kg)
1	100 000	100 000	80%	0,45	1,5	2,7	450	675	1 215
10	100 000	1 000 000	80%	0,45	1,5	2,7	4 500	6 750	12 1250
20	100 000	2 000 000	80%	0,45	1,5	2,7	9 000	13 500	24 300
50	100 000	5 000 000	80%	0,45	1,5	2,7	22 500	33 750	60 750
100	100 000	10 000 000	80%	0,45	1,5	2,7	45 000	67 500	121 500
200	100 000	20 000 000	80%	0,45	1,5	2,7	90 000	135 000	243 000
500	100 000	50 000 000	80%	0,45	1,5	2,7	225 000	337 500	607 500
1000	100 000	100 000 000	80%	0,45	1,5	2,7	450 000	675 000	1 215 000

VAKA ÇALIŞMASI - ANTWERP ÇEVRE YOLU

Antwerp (Belçika) Çevre Yolu üzerinde, 2004-2005 döneminde onarım çalışması yapılmıştır. Yolun yaşam döngüsü maliyet karşılaştırması ve birçok kıstas hesaba katılarak yapılan analiz sonucunda, yapımın 4 ila 7 şerit arasında 12 km'lik yolu içeren en büyük bölümüne beton yol yapılmasına karar verilmiştir. Yolun yapımındaki karar mercileri, minimum bakım gerektiren uzun ömürlü yol kaplaması aramaktaydılar. Fakat bu kararı verirken beton yol kaplamasının aynı zamanda yakıt, para ve salınımlarda tasarruf sağlayacağını bilmiyorlardı.

Otoyol, günde ortalama 14 000 ağır vasıta tarafından kullanılmaktadır. Bu ortalama, tatil ve hafta sonlarının da dâhil olduğu 32 farklı trafik sayım bilgilerinin derlemesinden oluşturulmuştur (2010 verileri). Burada binek araçları minibüsleri ve kamyonetleri ortalamaya dâhil etmemek için sadece 6,9 metreden uzun ağır vasıtalar düşünülmüştür. Kaplama sehimler nedeniyle gerçekleşen yakıt tüketiminde en büyük fark bu ağır vasıtalarda meydana gelmektedir.

ANWERP ÇEVRE YOLU

			Yakıt Tasarrufu	Dizel Fiyatı	CO_2
Yol Uzunluğu/ km	Günlük Ağır Vasıta Sayısı	Yönler	L/100 km	7,5 pt/L	Kg/Litre
12	14000	2	0,45	1,5	2,7

GÜNLÜK TASARRUFLAR					
Dizel (lt)	Maliyetler (7,5 pt)	CO_2 (kg)	NO_x (kg)	PM (kg)	HC (kg)
1 512	2 268	4 082	40	0	1
CO (kg)	SO_2 (kg)				
6	0				

YILLIK TASARRUFLAR					
Dizel (lt)	Maliyetler (7,5pt)	CO_2 (kg)	NO_x (kg)	PM (kg)	HC (kg)
551 880	827 820	1 490 076	14 625	166	386
CO (kg)	SO_2 (kg)				
2 208	55				

YOLUN 30 YILLIK SERVIS ÖMRÜ BOYUNCA YAPILAN TASARRUFLAR					
Dizel (lt)	Maliyetler (Euro)	CO_2 (kg)	NO_x (kg)	PM (kg)	HC (kg)
16 556 400	24 834 600	44 702 280	438 745	4 967	11 589
CO (kg)	SO_2 (kg)				
66 226	1 656				

12 km uzunluğundaki kısa yollarda dahi yoğun trafik akışı düşünüldüğünde, sağlanan tasarruflar oldukça büyük niteliktedir. Sadece karbondioksit (CO_2) değil, nitrojen oksit, ince taneli sert parçacıklar gibi diğer zararlı salınımlar büyük ölçüde azalmaktadır.

VAKA ÇALIŞMASI- AVRUPA'DA KARAYOLU YÜK TAŞIMACILIĞI

Avrupa'da ulusal ve uluslararası kuru yük taşımacılığının, 1878 milyar ton-km olduğu açıklanmıştır (2006). Ortalama 10 tonluk nakliye yükü düşünüldüğünde, ağır yük kamyonlarının kat ettiği yol 188 milyar kilometredir.

Daha önce bahsedilen Kanada araştırmasına göre, 100 km'de 0,45 litrelik tasarruf aşağıda verilen tasarrufları sağlamaktadır. Yılda;

- 636 milyon litre dizel,
- 1269 milyon Euro tasarrufu sağlanacak,
- 2,25 milyon ton karbondioksit (CO_2) salınımı

Yakıt tüketiminde 100 km'de 0,2 litrelik en küçük bir fark bile aşağıdaki gibi büyük tasarruflar sağlayabilmektedir. Yılda;

- 376 milyon litre dizel,
- 564 milyon Euro tasarruf sağlayarak,
- 1 milyon ton karbondioksit (CO_2) salınımını engellemektedir.

Genel Sonuçlar

Binek ve ağır iş araçlarının yakıt tüketimi, birçok parametre dikkate alınarak araştırılmıştır. Yakıt tüketimine etki eden parametrelerden, yol kaplamasının türü, yani kaplamanın rijitliği, aşağıdaki projelerde incelenmiştir:

- Kanada Ulusal Araştırma Konseyi tarafında yürütülen çalışmada, asfalt yollar ile karşılaştırıldığında, beton yolların %0,8 ile %3,9 oranında daha fazla yakıt tasarrufu sağladığı görülmüştür.

- İngiltere Ulaşım Araştırma Laboratuvarlarında, beton yol kaplamalarının sehiminin azaltmasının %1,1 oranında yakıt tasarrufu sağladığı bulunmuştur.

- İsveçli araştırmacılar yaptıkları çalışmada, kamyon trafiği için yol üzerinde uygun kaplama seçiminin, yakıt tasarrufu konusunda büyük bir potansiyelinin olduğunu ve beton yol kaplaması üzerindeki enerji kaybının, asfalt kaplamalarda yapının viskoelastik davranışından kaynaklanan enerji kaybından 4 kat daha az olduğunu göstermişlerdir.

- İsveç Ulusal Yol ve Ulaşım Araştırması Enstitüsü, betonun rijitliği dolayısıyla, beton yollar üzerindeki yakıt tüketiminin, asfalt yollar ile karşılaştırıldığında, % 1,1 ila % 6,7 arasında daha az olduğu sonucuna varmıştır.

Fotoğraf : P. De Winne

Fotoğraf: A. Jasienski

- Japon araştırmacılar, farklı şartlarda, beton kaplamalar ile karşılaştırıldığında, asfalt yol kaplamaları üzerindeki yakıt tüketiminin, % 0,8 ila % 4,8 arasında daha fazla olduğunu bulmuşlardır.

Ağır trafik yükleriyle ilgili yapılan bütün çalışma ve araştırmalara göre, beton yol kaplamaları üzerinde yakıt tüketiminin, asfalt kaplamalar ile karşılaştırıldığında, % 1 ile % 6 aralığında daha az olduğu sonucuna varılmıştır.
Pürüzü az beton kaplamalar, yapının ömür boyu maliyeti açısından tercih edilebilirliklerinin yanı sıra, kara yük taşımacılığında CO_2 azaltılması sağlanması konusunda kolay ve etkili bir yol olarak katkı sağlamaktadırlar.

- ABD'de yürütülen bir araştırma sonuçlarına göre, deney kesiti, sürüş modu ve yüzey durumu (kuru, ıslak) dikkate alınmaksızın, birim uzaklık başına düşen yakıt tüketim oranlarının yolun beton kaplamalı kesiti üzerinde istikrarlı bir şekilde %3 ila % 17 arasında daha düşük olduğu gözlenmiştir.
- Massachusetts Teknoloji Enstitüsü, kaplama-araç etkileşimi modelini geliştirmiş ve bu modeli kullanarak, asfalt yolların beton kaplamalı yollar ile aynı yakıt tüketimini gösterebilmesinin, ancak asfalt zeminin %25 ila %60 arasında daha kalın olması ile mümkün olabileceği sonucuna ulaşmıştır.

Referanslar

1. AMOS D. Pavement smoothness and fuel efficiency : an analysis of the economic dimensions of the Missouri Smooth Road Initiative. Prepared for the Missouri Department of Transportation, December 2006

2. ARDEKANI S.A., SUMITSAWAN P. Effect of pavement type on fuel consumption and emissions in city driving. Final research report submitted to the Ready Mixed Concrete Research & Education Foundation by the University of Texas, Arlington, March 2010

3. BENBOW E.; IAQUINTA J.; LODGE R.; WRIGHT A. Investigation of the effects of pavement stiffness on fuel consumption. – Published project report PPR 253, Transport Research Laboratory Limited, U.K., July 2007

4. European Commission, Climate Action, http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles

5. European Road Statistics 2010, European Union Road Federation, Brussels, 2010

6. HULTQVIST B.-A. Measurements of fuel consumption on an asphalt pavement and a concrete pavement in Sweden, 11th International Symposium on Concrete Roads, Seville, Spain, 2010

7. LENGRENN C.A., FALDNER L. Fuel cost considerations regarding truck rolling resistance on different pavement types, 11th International Symposium on Concrete Roads, Seville, Spain, 2010

8. MILACHOWSKI C., STENGEL T., GEHLEN C. Life cycle assessment for road construction and use, 11th International Symposium on Concrete Roads, Seville, Spain, 2010

9. Road Freight Transport Vademecum, European Commission, Directorate General Energy and Transport, March 2009

10. SANTERO N., LOIJOS A., AKBARIAN M., OCHSENDORF J. Methods, Impacts, and Opportunities in the Concrete Pavement Life Cycle, Concrete Sustainability Hub, Massachusetts Institute of Technology, August 2011

11. TAYLOR G.W.; FARREL P.; WOODSIDE A. Effects of pavement structure on vehicle fuel consumption. Phase III – prepared for Natural Resources Canada Action Plan 2000 on Climate Change and Cement Association of Canada by the National Research Council of Canada, January 2006

12. YOSHIMOTO T., KAZATO T., HAYAKAWA I. Effect of pavement type on rolling resistance and fuel consumption of heavy-duty vehicles, 11th International Symposium on Concrete Roads, Seville, Spain, 2010

13. WATHNE L. Sustainability opportunities with pavements: are we focusing on the right stuff? , 11th International Symposium on Concrete Roads, Seville, Spain, 2010

EUPAVE
AVRUPA BETON KAPLAMA BİRLİĞİ

GÜVENİLİR, SÜRDÜRÜLEBİLİR ve İKLİME DAYANIKLI ALTYAPI İÇİN BETON YOLLAR

Bu kitap EUPAVE üyesi Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği (TÇMB) tarafından türkçeye çevrilerek bastırılmıştır.

Mayıs 2013

TÇMB
TÜRKİYE ÇİMENTO MÜSTAHSİLLERİ BİRLİĞİ

Tepe Prime A Blok Kat: 18-19
Eskişehir Devlet Yolu (Dumlupınar Bulvarı) 9. km
No: 266 06800 Ankara-Türkiye
T 444 50 57
F (0 312) 265 09 06
info@tcma.org.tr
www.tcma.org.tr

Yayınlayan :

EUPAVE
European Concrete Paving Association
Vorstlaan 68 Boulevard du Souverain
1170 Brussels

T +32 2 790 42 06
F +32 2 640 06 70
info@eupave.eu
www.eupave.eu

Aralık 2011

Başka türlü belirtilmedikçe bütün fotoğraflar L. Rens tarafından
Kapak fotoğrafı W. Kramer